

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення дисципліни

«Електричні машини»

(для студентів заочної форми навчання та слухачів другої
вищої освіти напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»,
6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «Електричні машини» (для студентів заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка», 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Фінкельштейн В. Б., Глебова М. Л., Махов І. О. – Х.: ХНАМГ, 2008. – 21 с.

Укладачі: проф., д.т.н. В. Б. Фінкельштейн,
доц., к.т.н. М. Л. Глебова,
ас. І. О. Махов.

Рецензент: проф., д.т.н. А. Г. Сосков

Рекомендовано кафедрою теоретичної та загальної електротехніки,
протокол № 8 від 13.03.2008 р.

ВСТУП

Ці методичні вказівки підготовлені на основі робочої програми дисципліни «Електричні машини» й призначені для студентів, які навчаються за напрямком «Електротехніка».

У зв'язку зі вступом України в Болонський процес і переходом на кредитно-модульну систему освіти роль самостійної роботи студентів суттєво зростає при вивченні конкретної дисципліни, бо обсяг її повинен складати 60 % від загального обсягу годин, що необхідні для засвоєння дисципліни.

Дисципліна «Електричні машини» містить модулі 1 і 2.

РОЗДІЛ 1

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ.

МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок у галузі електричних машин і трансформаторів, їх електричних і механічних властивостей, енергетичних і теплових процесів, що мають місце при їх роботі.

Завданням дисципліни є вивчення принципів побудови електричних машин і трансформаторів, методів їх розрахунку та галузей застосування.

Кінцевим результатом вивчення дисципліни є: вироблення уміння оцінювати техніко-економічну ефективність застосування електричних машин, визначати їхні параметри, кваліфіковано формулювати завдання на розробку електричних машин; вироблення уявлення про принципи дії та методи розрахунку електричних машин.

Предметом вивчення дисципліни є будова, фізичні процеси, експлуатаційні та регулювальні характеристики електричних машин і трансформаторів, що є основними ланками в сучасних енергетичних і електромеханічних установках.

1.2. МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ У СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ

ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ

Курс «Електричні машини» тісно пов'язаний з електротехнічними дисциплінами, що вивчаються в Академії. Він базується на курсах вищої математики, фізики, теоретичних основ електротехніки, основ метрології

та електричних вимірювань. У свою чергу, курс є базовим для вивчення електричних станцій та підстанцій, перехідних процесів в електричних мережах, автоматизованого електропривода, електричних систем і мереж.

1.3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА

Для успішного самостійного освоєння дисципліни студенту рекомендується користуватися навчально-методичною літературою, список якої наведений нижче.

Основна література:

1. И.П. Копылов. Электрические машины. - М.: Энергоиздат, 2004.
2. Яцун М.А. Електричні машини. – Львів: Вид-во Нац. Ун-ту “Львівська політехніка”, 2001. – 428 с.
3. А.В. Иванов-Смоленский. Электрические машины. - М.: Энергия, 1988.
4. А.И. Вольдек. Электрические машины. - Л.: Энергия, 1984.
5. Читечян В.И. Электрические машины: Сборник задач. – М.: Высш. шк., 1988. – 231 с.
6. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. – М.: Высш. шк., 1990. – 528 с.

Методична література

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Електричні машини”. Трансформатори (для студентів 2, 3, 4 курсів спеціальностей 6.090603, 6.090605, 6.092202). – Харків: ХНАМГ, 2007.
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Електричні машини” (для студентів 2, 3, 4 курсів спеціальностей 6.090603, 6.090605, 6.092202). – Харків: ХНАМГ, 2002. Частина II.

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Електричні машини” (для студентів 2, 3, 4 курсів спеціальностей 6.090603, 6.090605, 6.092202). – Харків: ХНАМГ, 2002. Частина III.

4. Методичні вказівки до курсового проекту з курсу “Електричні машини”. “Розрахунок трифазної синхронної машини” (для студентів 3, 4 курсів спеціальностей 7.090603, 7.090605, 7.092204). – Харків: ХНАМГ, 1997.

5. Методичні вказівки до лабораторної роботи “Дослідження асинхронної машини у автономному режимі” з курсу “Електричні машини” (для студентів 2 – 4 курсів всіх форм навчання, спеціальностей 7.090603, 6.090605, 6.092202). – Харків: ХНАМГ, 1993.

6. Навчальні плакати.

7. Діапроектор. Діафільми.

8. Макети. Моделі.

9. Лабораторні схеми.

РОЗДІЛ 2

Модуль 1. Машини постійного струму, трансформатори.

(3 кредити / 108 годин)

2.1. ЗМ 1.1. Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму.

Обов’язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та характеристики машин постійного струму, рівняння електричної і механічної рівноваги.
2. Реакція якоря і комутація машин постійного струму.
3. Регулювання швидкості двигунів і напруги генераторів постійного струму.

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.1 наведений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

| Номер тижня | Номер теми | Найменування питань, що вивчаються на лекції | № занять прак., лаб. | Використовувані наукові й методичні посібники | Самостійна робота студентів | | Форма контролю |
|-------------|------------|--|----------------------|--|---|--------|---|
| | | | | | Зміст | Години | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 1 | Зміст курсу електричних машин. Електромашинобудування на сучасному етапі. Конструкція машин постійного струму, матеріали конструктивні, магнітні, провідникові й ізоляційні. | Вступне | Універсальний стенд | Л1. Гл. §-1, 2-5 Л2. §64-1, 2 Л3. Гл.1 §10-1, 2 | 3 | |
| | 2 | Принцип дії двигунів і генераторів постійного струму. ЕРС і електромагнітний момент. | ЛР№11 | Навчальні макети машин постійного струму. М.3, М.6, М.9 | Л1. §1-1, 2, §3-1, 3, 5 Л2. §64-4 Л1. §3-2, 4, 6, 7, 8, §4-1 Л2. §64-5, 6 Л3. §10-3 | 3 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№11 |
| | 3 | Типи обмоток якоря, проста та петлева і хвильова обмотки. Складні обмотки якоря. Умови симетрії. Зрівняльні з'єднання обмотки. Вибір типу обмотки якоря. | | Плакат: обмотка якоря | | 3 | |
| 2 | 4 | Магнітне поле машини постійного струму при холостому ході. Магнітна характеристика. Поле якоря. Реакція якоря. Компенсаційна обмотка. | ЛР№11 | М.3, М.6, М.9 | Л1. гл.2, гл.5 Л2. §64-8, 9 Л3. §10-5, 6 | 3 | |
| | 5 | Комутація машин постійного струму. Розрахунок додаткових полюсів. Способи поліпшення комутації. Експериментальна наладка комутації, радіоперешкоди, способи їх зниження. | ЛР№13 | М.3, М.6, М.9 | Л1. Гл.6 Л2. §10-7 Л3. §64-11 | 3 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№13 |
| 3 | 6 | Генератори постійного струму. Генератори з незалежним, паралельним і змішаним збудженням. | ЛР№11 | М.3, М.6, М.9 | Л1. Гл.9 Л2. §64-12 Л3. §10-8, 9 | 4 | Опитування при прийманні ЛР№11, ЛР№13 |
| | 7 | Двигуни постійного струму. Пуск, реверсування і гальмування. Способи регулювання частоти обертання двигунів з паралельним, послідовним і змішаним збудженням. | ЛР№12 | М.3, М.6, М.9 | Л1. §10-1, 10-66, Л2. §64-13 Л3. §10-10-14 | 4 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№12 |

Продовження таблиці 2.1

| Номер тижня | Номер теми | Найменування питань, що вивчаються на лекції | № занять прак., лаб. | Використовувані наукові й методичні посібники | Самостійна робота студентів | | Форма контролю |
|-------------|------------|--|----------------------|--|---|--------|--|
| | | | | | Зміст | Години | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 4 | 8 | Сучасні методи управління двигунами. Управління по системі “генератор-двигун”. | ЛР№14 | М.3, М.6, М.9 | Л1. гл.11 Л2. гл.65, 66, 67 Л3. гл.11 | 3 | Міжсесійний контроль Відповіді на контрольні запитання ЛР№14 |
| | 9 | Електричні мікромашини постійного струму. Втрати і ККД машин постійного струму. Нагрівання і охолодження. Серії машин постійного струму, що випускаються електропромисловістю. | | Плакат: одностороння осьова вентиляція машин постійного струму | Л1. гл.7, 8 Л2. гл.3 Л3. гл.12 | 3 | Опитування при прийманні ЛР№12, ЛР№14 |

Залікові запитання

1. Як класифікують генератори постійного струму ?
2. Запишіть і проаналізуйте рівняння струмів генераторів різних способів збудження.
3. Напишіть рівняння ЕРС генератора постійного струму, поясніть його складові частини.
4. Який момент називають моментом холостого ходу?
5. З яких втрат складаються втрати холостого ходу?
6. Проаналізуйте рівняння рівноваги моментів генератора.
7. Поясніть, як відбувається перетворення механічної потужності в електричну в генераторі постійного струму.
8. Що таке магнітна характеристика двигуна послідовного збудження?
9. У чому переваги двигуна послідовного збудження при роботі у складних умовах пуску та роботи ?
10. Чому швидкісні характеристики двигуна послідовного збудження м'якші, ніж в інших двигунів?
11. В яких електроприводах використовують двигуни послідовного збудження?
12. Проаналізуйте характеристики двигуна змішаного збудження в порівнянні з характеристиками двигунів паралельного і послідовного збудження.
13. Де застосовують двигуни змішаного збудження?
14. Які двигуни називають універсальними?
15. Де використовують універсальні колекторні двигуни?
16. Чому універсальні колекторні двигуни мають послідовне збудження?
17. Чому комутація в універсальних двигунів при живленні змінним струмом складна?
18. На якому струмі живлення характеристики універсального колекторного двигуна кращі і чому?

Після вивчення ЗМ 1.1 максимальний процент набраних балів складає 25%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати і захистити лабораторні роботи № 11, 12, 13.

2.2. ЗМ 1.2. Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії і рівняння трансформатора.
2. Втрати в трансформаторі, коефіцієнт корисної дії.
3. Зовнішня характеристика трансформатора.

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.2 наведений в табл. 2.2.

Залікові запитання

1. Поясніть, як виводиться формула ЕРС трансформатора.
2. Проаналізуйте, чому ЕРС, що створюється в обмотках, які перетинаються змінним потоком, відстає від потоку i на який кут.
3. Визначте, які ЕРС розглядають при складанні рівнянь для контурів первинної і вторинної обмоток за другим законом Кірхгофа.
4. Поясніть, як отримують рівняння струмів трансформатора.
5. Обґрунтуйте математичну модель трансформатора.
6. Визначте, що являє собою зведений трансформатор.
7. Визначте, яку умову виконують при зведенні вторинних величин до числа витків первинної обмотки, що дає використання зведеного трансформатора замість реального.
8. Поясніть, що являє собою намагнічувальна вітка схеми заміщення.
9. Поясніть, як можна визначити параметри схеми заміщення.
10. Поясніть порядок побудови векторно-потенційних діаграм зведеного трансформатора.

Таблиця 2.2

| Номер тижня | Номер теми | Найменування питань, що вивчаються на лекції | № занять прак., лаб. | Використовувані наукові і методичні посібники | Самостійна робота студентів | | Форма контролю |
|-------------|------------|---|-------------------------|--|--|--------|--|
| | | | | | Зміст | Години | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 10 | Трансформатори. Конструктивні елементи трансформатора. Рівняння ЕРС і НС трансформатора. Принцип дії. При ведений трансформатор. | ЛР№1 | М.1, М.6, М.9 Плакат: обмотки і магнітопроводи трансформатора | Л1. гл.7, 8 Л2. гл.1, 2 Л3. §2-1-1-7 | 4 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№1 |
| | 11 | Схема заміщення, векторні діаграми трансформатора. Визначення параметрів по дослідях холостого ходу і короткого замикання. | ЛР№1 | М.1, М.6, М.9 | Л1. гл.14 Л2. гл.3 Л3. §2-7, 8, 9 | 4 | Опитування при прийомі ЛР№1 |
| 6 | 12 | Струм холостого ходу й опір взаємоіндукції. Опір короткого замикання. зв'язок між розмірами трансформатора і величинами, що характеризують електромагнітні процеси. | | М.1, М.6, М.9 | Л1. §13-2, 14-1, 14-4 Л2. гл.9 | 3 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№2 |
| | 13 | Визначення зміни напруги трансформатора при навантаженні. Регулювання напруги трансформаторів без навантаження і під навантаженням. Втрати і ККД трансформатора. Магнітні системи 3-х фазних трансформаторів. | ЛР№2 | М.1, М.6, М.9 | Л1. §15-3, 4, 5 Л2. гл.6, 7 Л3. §2-16, 12 §4, §2-3 | 3 | Опитування при прийманні ЛР№2 |
| 7 | 14 | Схеми і групи з'єднань обмоток. Особливості процесу намагнічування трансформаторів. Несиметричне навантаження трифазних трансформаторів. | ЛР№3 | М.1, М.6, М.9 | Л1. гл.13, 16, 17 Л2. §2-5, гл.12 Л3. §2-6, 2-20 | 4 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№3 |
| | 15 | Перенапруга в трансформаторі. Трьохобмоточні трансформатори. Паралельна робота трифазних трансформаторів. | ЛР№4 | М.1, М.6, М.9 | Л1. гл.13, 16, 17 Л2. §2-5, гл.12 Л3. §2-6, 2-20 | 4 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№4 |
| 8 | 16 | Елементи перехідних процесів. Надструми при вмиканні і раптового короткому замиканні. Електродинамічні умови. | | | Л1. гл.17,18 Л2. гл.13, 14 Л3. §2-18, 2-19 | 3 | Опитування при прийманні ЛР№3 |
| | 17 | Автотрансформатори. Спеціальні типи трансформаторів. Трансформатори випрямних установок. | | | Л1. §18-2, 3, 4 Л2. гл.10, 15 Л4. §2-14, §2-22 | 3 | Опитування при прийманні ЛР№4 |

Після вивчення ЗМ 1.2 максимальний процент набраних балів складає 25%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля в повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи № 1, 2, 3, 4.

РОЗДІЛ 3

Модуль 2. Машини змінного струму.

(3 кредити/ 108 годин)

3.1. ЗМ 2.1. Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії і рівняння асинхронної машини.
2. Втрати в асинхронній машині, коефіцієнт корисної дії.
3. Робочі й механічна характеристики асинхронної машини.

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.1 наведений в табл. 3.1.

Залікові запитання

1. Поясніть, як можна спростити розгляд процесів, що відбуваються при роботі асинхронного двигуна.
2. Поясніть, чому при нерухомому роторі асинхронний двигун можна розглядати як трансформатор.
3. Проаналізуйте, які потоки мають місце в магнітній системі асинхронного двигуна, де і які ЕРС наводять ці потоки.
4. Обґрунтуйте рівняння ЕРС обмотки статора асинхронного двигуна, поясніть величини, що в нього входять, чому це рівняння не відрізняється від рівняння ЕРС первинної обмотки трансформатора.
5. Обґрунтуйте рівняння ЕРС обмотки нерухомого ротора асинхронного двигуна, поясніть, яка частота ЕРС і струмів у цьому рівнянні.
6. Поясніть, чим відрізняється частота струмів і ЕРС обмотки ротора, що обертається, від частоти при $s = 1$.

Таблиця 3.1

| Номер тижня | Номер теми | Найменування питань, що вивчаються на лекції | № занять прак., лаб. | Використовувані наукові й методичні посібники | Самостійна робота студентів | | Форма контролю |
|-------------|------------|---|----------------------|---|---|--------|---|
| | | | | | Зміст | Години | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 18 | Загальні питання машин змінного струму. Конструкція машин змінного струму. Трифазні обмотки, ЕРС обмоток. Обмоточний коефіцієнт. | | Стенд: електричні машини змінного струму. М.8, М.4 (КР) | Л1. гл.19, 20, 21 Л2. гл.22,27 Л3. §3-1, 3-4, 3-5 | 3 | Видача завдання на курсову роботу з трансформаторів (КР) |
| | 19 | Намагнічуюча сила трифазних обмоток. Виникнення магнітного поля. Індуктивність і взаємодуктивність обмоток. Асинхронні машини. Конструкція і принцип дії. | ЛР№5 | М.2, М.6, М.9 | Л1.22, 23 §19-2 Л2. §8-2, 3-6, 3-7, 4-1, 2 | 3 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№5 |
| 10 | 20 | Асинхронна машина із загальмованим ротором. Асинхронна машина з рухомим ротором. Ковзання, схеми заміщення і векторні діаграми. Режим роботи. | ЛР№6 | Плакат: асинхронні трифазні двигуни М.2, М.6, М.9 | Л1. гл.24 Л2. §4-3, 4, 5 Л3. гл.24, 25, 28 | 4 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№6 |
| | 21 | Енергетична діаграма асинхронного двигуна. Обертальний електромагнітний момент та його залежність від ковзання. Механічна характеристика двигуна. | ЛР№7 | М.2, М.6, М.9 | Л1. гл.25 Л2. §4-5, 8, 7 Л3. гл.43 | 3 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№7 |
| 11 | 22 | Пусковий момент асинхронного двигуна. Максимальний момент. Формула Клосса. Дослід холостого ходу і короткого замикання. | ЛР№5 | М.2, М.6, М.9 | Л1. гл.26 Л2. §4-6, 9, 11 Л3. гл.43 | 3 | Перевірка визначення основних електричних величин головних розмірів трансформатора (КР) |

Продовження таблиці 3.1

| Номер тижня | Номер теми | Найменування питань, що вивчаються на лекції | № занять прак., лаб. | Використовувані наукові й методичні посібники | Самостійна робота студентів | | Форма контролю |
|-------------|------------|---|----------------------|--|---|--------|--|
| | | | | | Зміст | Години | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 12 | 23 | Отримання робочих характеристик. Колова діаграма асинхронного двигуна. | ЛР№5 | М.2, М.6, М.9 | Л1. гл.26 Л2. §4-6, 9, 11 Л3. гл.43 | 3 | Опитування при прийманні ЛР№5 |
| | 24 | Способи пуску асинхронних двигунів. Двокліточні й глибокопазні двигуни. Регулювання частоти обертання. Способи гальмування. | ЛР№6 | М.2, М.6, М.9 Плакат: двигуни з витисненням струму в роторі | Л1. гл.27, 28 Л2. §4-10, 12, 16 Л3. гл.44, 45 | 4 | Перевірка розрахунку обмоток трансформатора (КР) |
| | 25 | Робота двигуна при неномінальних умовах. Робота машини в режимі генератора і перетворювача частоти. Нормальні типи двигунів. Особливі типи. Асинхронні мікромашини. | ЛР№15 | М.5, М.6, М.9 | Л1. гл.29 Л2. §4-14, 17, 18 Л3. гл.46 | 3 | Перевірка визначення параметрів КЗ трансформатора (КР) |

7. Поясніть залежність ЕРС та індуктивного опору обмотки ротора при обертанні від частоти f_2 і ковзання.
8. Поясніть рівняння намагнічувальних сил асинхронного двигуна.
9. Обґрунтуйте рівняння струмів асинхронного двигуна, поясніть, які величини в нього входять, чому це рівняння не відрізняється від аналогічного рівняння трансформатора?

Після вивчення ЗМ 2.1 максимальний процент набраних балів складає 25%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля в повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи №5, 6, 7, 15.

3.2. ЗМ 2.2. Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та основна векторна діаграма (діаграма Блонделя) синхронної машини.
2. Реакція якоря синхронної машини, її залежність від характеру навантаження, електромагнітна потужність.
3. Характеристики синхронних машин при автономній роботі та при паралельній роботі з мережею.

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.2 наведений в табл. 3.2.

Залікові запитання

1. Як визначається електромагнітна потужність електричної машини ?
2. Чому є необхідність визначати електромагнітну потужність синхронної машини через кут вильоту ротора ?
3. Виведіть, користуючись спрощеною векторно-потенційною діаграмою неявнополюсного генератора, формулу його електромагнітної потужності (моменту).

Таблиця 3.2

| Номер тижня | Номер теми | Найменування питань, що вивчаються на лекції | № занять прак., лаб. | Використовувані наукові і методичні посібники | Самостійна робота студентів | | Форма контролю |
|-------------|------------|--|----------------------|--|--|--------|---|
| | | | | | Зміст | Години | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 12 | 26 | Синхронні машини. Елементи конструкції. Турбо- і гідрогенератори. Принцип дії. | ЛР№9 | Плакат: статор, якорь синхронної машини Плакат: турбогенератори, гідрогенератори М.2, М.6, М.9 | Л1. гл.30, 19 Л2. гл.4-7, 51 Л3. §8-1, 2, 3 | 3 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№9 |
| 13 | 27 | Основне магнітне поле. Поздовжнє і поперечне поле. Реакція якоря. Параметри обмотки статора. Рівняння і векторні діаграми зміни напруги. Система відносних одиниць. Характеристики генератора. | ЛР№9 | Плакат: магнітне коло синхронної машини М.2, М.6, М.9 | Л1. гл.32 Л2. гл.53, 54 Л3. §8-4, 5, 6 | 3 | Перевірка визначення параметрів ХХ трансформатора (РГР) |
| | 28 | Дослід холостого ходу і короткого замикання. Визначення індуктивних опорів обмотки статора трифазної синхронної машини. Відношення короткого замикання. | ЛР№8 | М.2, М.6, М.9 | Л1. гл.33 Л2. гл.57, 58 Л3. §8-7, 8, 9 | 3 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№18 |
| 14 | 29 | Особливості паралельної роботи. Умови вмикання. Регулювання потужності. | ЛР№10 | М.2, М.6, М.9 | | 4 | Відповіді на контрольні запитання ЛР№10 |
| | 30 | Умовна характеристика потужності. Синхронізуюча потужність. Стійкість роботи. Статична перевантаженість. V- подібні криві. | | | Л1. гл.35 Л2. гл.57 Л3. §8-10 | 4 | Опитування при прийманні ЛР№9 |
| 15 | 31 | Синхронні двигуни. Способи пуску. Векторні діаграми. V- подібні криві. Порівняльні властивості. Переваги і недоліки. Синхронні компенсатори. | | | Л1. гл.37 Л2. §58-10, 11 Л3. §8-14, 15, 16, 13 | 4 | Опитування при прийманні ЛР№8 |

Продовження таблиці 3.2

| Номер тижня | Номер теми | Найменування питань, що вивчаються на лекції | № занять прак., лаб. | Використовувані наукові і методичні посібники | Самостійна робота студентів | | Форма контролю |
|-------------|------------|---|----------------------|---|---|--------|--------------------------------|
| | | | | | Зміст | Години | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 15 | 32 | Несиметричні режими генератора. Особливості роботи. Раптове коротке замикання. Динамічна стійкість. | | | Л1. гл.34, 38 Л2. гл.60, 61 Л3. §8-18, 19 | 4 | Опитування при прийманні ЛР№10 |
| 16 | 33 | Колекторні машини змінного струму. Сучасний стан електромашинобудування. | | | Л1. гл.42, 43 | 3 | Захист курсової роботи |

4. Зобразіть кутову характеристику синхронного неявнополюсного генератора, поясніть на ній характерні точки.
5. Що розуміють під статичною переважаністю синхронного генератора, в яких межах вона лежить у неявнополюсних машин?
6. Виведіть формули електромагнітних потужності й моменту явнополюсного синхронного генератора.
7. Поясніть природу виникнення додаткового (реактивного) електромагнітного моменту.
8. Зобразіть і поясніть кутову характеристику явнополюсного синхронного генератора.
9. Поясніть природу виникнення синхронізуючої потужності (моменту) синхронної машини при паралельній роботі з мережею.
10. Зобразіть залежність питомої синхронізуючої потужності (моменту) від кута θ і поясніть цю залежність.
11. V- подібні характеристики синхронних машин.

Після вивчення ЗМ 2.2 максимальний процент набраних балів складає 25%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля в повному обсязі, виконати і захистити лабораторні роботи № 9, 10 та РГР.

РОЗДІЛ 4

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Відповідь студента оцінюється за національною шкалою «**відмінно**» або за шкалою ECTS «**A**», якщо він при вивченні модуля набрав більше 90 – 100 включно балів і:

- вільно володіє програмним матеріалом;
- послідовно дає логічні відповіді на запитання екзаменаційного білету;
- правильно розв'язав практичну задачу;

- вільно відповідає на додаткові запитання;
- грамотно використовує знання теоретичного матеріалу при розв'язанні практичних задач;
- володіє логічним мисленням;
- вільно застосовує ЕОМ при розв'язанні практичних задач.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«В»**, якщо він набрав більше 80 – 90 включно балів і:

- твердо володіє програмним матеріалом;
- грамотно і логічно дає відповіді на запитання екзаменаційного білету;
- при викладенні матеріалу припускається тільки деяких помилок з другорядних запитань;
- правильно відповідає на додаткові запитання;
- правильно виконав РГР;
- впевнено працює з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«С»**, якщо він набрав більше 70 – 80 включно балів і:

- твердо володіє програмним матеріалом;
- грамотно й логічно дає відповіді на запитання екзаменаційного білету;
- при викладенні матеріалу припускається помилок з другорядних запитань;
- правильно відповідає на додаткові запитання;
- правильно виконав РГР, але допустив помилки у одиницях вимірювання або чисто математичні помилки; вміє використовувати готові програмні матеріали при розв'язанні практичних задач.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«D»**, якщо він набрав більше 60 – 70 включно балів та:

- твердо володіє основним програмним матеріалом;
- припускає деякі неточності у формулюваннях та виводах основних залежностей;
- невпевнено відповідає на додаткові запитання;
- правильно, але не до кінця розв'язав задачу;
- вміє працювати з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«Е»**, якщо він набрав більше 50 – 60 включно балів і:

- недостатньо твердо володіє основним програмним матеріалом;
- допускає неточності при формулюванні основних залежностей;
- допустив принципові помилки при виконанні РГР;
- має слабкі навички роботи з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з можливістю повторного складання»** або **«FX»**, якщо він набрав більше 25 – 50 включно балів і:

- слабо володіє основним програмним матеріалом;
- допускає грубі помилки при формулюванні, визначенні і виводі основних залежностей;
- на додаткові запитання не відповідає або відповідає невпевнено і неправильно;
- навички роботи з ЕОМ слабкі.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»** або **«F»**, якщо він набрав від 0 до 25 включно балів і:

- не володіє основним програмним матеріалом;
- навички роботи з ЕОМ слабкі.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 3 |
| Розділ 1. Мета та завдання дисципліни. Місце дисципліни у навчальному процесі..... | 4 |
| 1.1. Мета та завдання дисципліни..... | 4 |
| 1.2. Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця..... | 4 |
| 1.3. Навчально-методична література..... | 5 |
| Розділ 2. Модуль 1. Машини постійного струму, трансформатори..... | 6 |
| 2.1. ЗМ 1.1. Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму..... | 6 |
| 2.2. ЗМ 1.2. Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора..... | 10 |
| Розділ 3. Модуль 2. Машини змінного струму..... | 12 |
| 3.1. ЗМ 2.1. Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини..... | 12 |
| 3.2. ЗМ 2.2. Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини..... | 15 |
| Розділ 4. Критерії оцінки знань студентів..... | 18 |

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «**Електричні машини**» (для студентів заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка», 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»).

Укладачі: Фінкельштейн Володимир Борисович,
Глебова Марина Леонідівна,
Махов Ігор Олександрович

Відповідальний за випуск *В. Б. Фінкельштейн*
Редактор *М. З. Аляб'єв*
Комп'ютерне верстання *Ю. П. Степась*

План 2008, поз. 160 М

| | |
|-------------------------|--------------------|
| Підп. до друку 22.05.08 | Формат 60x84 1/16 |
| Друк на ризографі | Ум. друк. арк. 0,9 |
| Тираж 150 пр. | Зам. № |

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001